

Дистанционное обучение

РФ-17

12.05.2020

Классификация методов измерения силы тяжести. Динамические методы измерения силы тяжести.

Данная тема предполагает изучить следующий вопрос: классификация методов измерения силы тяжести. Определение и вывод формул динамического метода измерения силы тяжести.

Требуется изучить теоретический материал по одному из ранее рекомендованных ранее учебнику, например, Э.В.Утёмов Гравиразведка: пособие для самостоятельного изучения лекционного курса слушателей курсов повышения квалификации специальности «Геофизика». Казань: Казанский государственный университет, 2009

Классификация методов измерения силы тяжести

Для измерения силы тяжести в принципе могут быть использованы самые разнообразные физические явления, связанные с действием гравитации. Например, падение тела под действием силы тяжести в воздухе или жидкости, качание маятника, поднятие жидкости в капиллярном сосуде, колебания струны или пружины, красное смещение э/м волн в гравитационном поле и т.д. Однако лишь некоторые из множества явлений позволяют с достаточной точностью и за удовлетворительное время определять значение силы тяжести.

Все существующие методы измерения силы тяжести могут быть поделены на динамические и статические.

Динамическими называются такие методы, в которых наблюдается движение тела под действием силы тяжести, при этом измеряемой величиной является время.

Статическими называются такие методы, в которых наблюдается изменение положения равновесия тела под действием силы тяжести и некоторой другой силы, которая уравнивает силу тяжести. При этом измеряемой величиной является линейное либо угловое смещение тела. В качестве уравнивающей силы может использоваться упругая сила твердых тел (пружин, нитей, мембран и т.п.).

Среди динамических методов наиболее важными являются:

- 1) измерение периода колебаний маятника
- 2) измерение периода колебаний маятника под действием силы тяжести и силы, ей противодействующей
- 3) измерение времени свободного падения тел

4) измерение частоты колебаний струны, которая натянута подвешенной на ней массой.

Измерения силы тяжести бывают абсолютными и относительными.

При абсолютных измерениях определяют полную величину силы тяжести. При относительных – определяют не полное значение, а приращение в данном пункте относительно некоторого другого, исходного, поле в котором обычно известно.

✓ Динамические методы могут быть как абсолютными, так и относительными.

Статические – только относительными.

Приборы, предназначенные для относительных определений силы тяжести, называют гравиметрами.

В настоящее время статические гравиметры являются основными приборами для относительных определений силы тяжести.

Динамические методы измерения силы тяжести

Основы маятникового метода определения силы тяжести. Математический маятник

Среди динамических методов измерения силы тяжести долгое время главенствовал маятниковый метод, доведенный до высокой степени совершенства.

Маятником называется любое твердое тело, способное совершать колебания около горизонтальной оси.

В теории колебаний важную роль играет модель математического маятника. Это идеальная модель, то есть модель, которую можно реализовать лишь в некотором приближении.

Математический маятник представляет собой материальную точку, с массой m , подвешенную на нерастяжимой и невесомой нити длиной l (см. рис. 7).

Дифференциальное уравнение движения имеет вид:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin(\varphi) \quad (3.1)$$

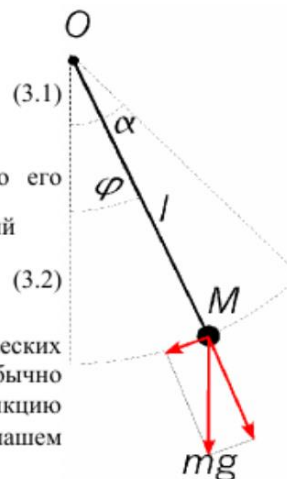
если задать начальные условия $\varphi_{t=0} = \alpha$, $\frac{d\varphi}{dt}_{t=0} = 0$, то его решением является гармоническая функция с периодом колебаний

$$T = \sqrt{\frac{l}{g}} \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{d\varphi}{\sqrt{\cos(\varphi) - \cos(\alpha)}} \quad (3.2)$$

Интеграл в этом выражении относится к классу эллиптических первого рода и не приводится к элементарным функциям. Обычно чтобы получить решение в явном виде, подынтегральную функцию разлагают в ряд (по φ), а затем почленно интегрируют. В нашем случае такая процедура приводит к выражению

$$T = \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{3}{8} \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right) \quad (3.3)$$

Рисунок 7:



Решение получается сложным, потому, что уравнение (3.1) является нелинейным. Однако при малых начальных отклонениях угла α можно положить $\sin \varphi \approx \varphi$. Тогда уравнение (3.1) примет линейный вид:

Решение получается сложным, потому, что уравнение (3.1) является нелинейным. Однако при малых начальных отклонениях угла α можно положить $\sin \varphi \approx \varphi$. Тогда уравнение (3.1) примет линейный вид:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\frac{g}{l} \varphi \quad (3.4)$$

Для него период колебаний равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.5)$$

✓ Как следует из этой формулы, при малых амплитудах период колебаний не зависит от амплитуды. Это свойство маятника называется изохронностью.

В данной лекции мы изучили такой вопрос как: Классификация методов измерения силы тяжести. Динамические методы измерения силы тяжести.